

анализа проводится с помощью опорного одночастотного сигнала. При несовпадении опорного сигнала по частоте с анализируемым сигналом, вольт-амперная характеристика получается не замкнутой. При совпадении частот, вольтамперная характеристика становится замкнутой, либо вырождается в прямую в случае совпадения фазы.

Контроль технического состояния АД позволяет снизить аварийные ситуации, обусловленные эксплуатацией машин с внутренними развивающимися дефектами и оптимизировать планово-предупредительные ремонтные работы.

Список использованных источников

1. Андреев В. А. Моделирование и исследование энергоэффективности асинхронных двигателей при вариациях режимных и конструктивных параметров: дисс. ... канд. техн. наук. Самара, 2009. 148 с.
2. Петухов В. С., Соколов В. А. Диагностика состояния электродвигателей. Метод спектрального анализа потребляемого тока // Новости электротехники. 2005. № 1 (31), [Электронный ресурс]. URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/31/11.php> (дата обращения: 30.10.15).
2. Котеленец Н. Ф., Кузнецов Н. Л. Испытания и надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов по спец. «Электромеханика». М. : Высш. шк., 1988. 232 с.
3. Diamini M., Barendse P.S., Khan A. Autonomous detection of interturn stator faults in induction motors // IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). 2013. P. 1700-1705.
4. Способ функционального контроля статических и динамических элементов трехфазных электротехнических и электромеханических систем: пат. 2298200 Рос. Федерация / Гольдштейн Е. И., Кац И. М. Оpubл. 27.04.2007, Бюл. № 12.
5. Гольдштейн Е. И., Сулайманов А. О., Бацева Н. Л. Спектральный анализ токов (напряжений) в однофазных и трехфазных цепях с помощью вольт-амперных характеристик // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 7. С. 80-82.

УДК 662.769

Сергеев П. А., Нешпоренко Е. Г., Сергеева А. А.
Магнитогорский государственный технический университет
mr.pahen@gmail.com

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЧУГУНА С ПОМОЩЬЮ ВТОРИЧНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА- КОНВЕРТЕРНОГО ГАЗА

Аннотация. В работе рассмотрена энергоемкость доменно-конвертерного производства стали. На основе анализа выявлены основные недостатки доменного процесса, технологические способы уменьшения энергоемкости и повышение производительности выплавки чугуна. Перспективным технологическим способом является замена качественных руд на концентрат обожженной сидеритовой руды. Рассчитаны затраты теплоты ВЭР на подготовку сидеритовой руды.

Проведение анализа энергетических затрат по переделам металлургического производства позволяет выявить наиболее энергоемкие переделы, определить источники выработки ВЭР и оценить возможность их утилизации.

Анализ доменного производства показал, что остается самым энергоемким, на его долю приходится 50 % используемого в черной металлургии топлива. Главная задача совершенствования доменной печи - сокращение расхода кокса, как основного энергоносителя [1].

Основное количество энергии при производстве железа из минерального сырья (руды) расходуется на стадии восстановления (80 %). Поэтому экономия энергии на этом участке производственного цикла может дать наиболее ощутимый эффект [2]. По данным [3], средний в мире удельный расход энергии на производство 1 т стали составляет 24 ГДж (819 кг у.т.), лучшие показатели при производстве стали из руды – 19 ГДж/т.

Из рис. 1 видно, что доменная печь занимает в схеме самую энергоемкую позицию, составляющую 11,8 ГДж/т [4].

Недостаток доменного процесса – это необходимость использования дефицитных восстановителей – кокса и рудного сырья высокого качества. В настоящее время запасы качественной руды истощаются, мировые запасы коксующихся углей, по данным ООН [5], не превышают 5 % от общих запасов каменного угля. Эффективность получения чугуна в доменной печи значительно снижается при вовлечении в переработку труднообогатимых, бедных руд.

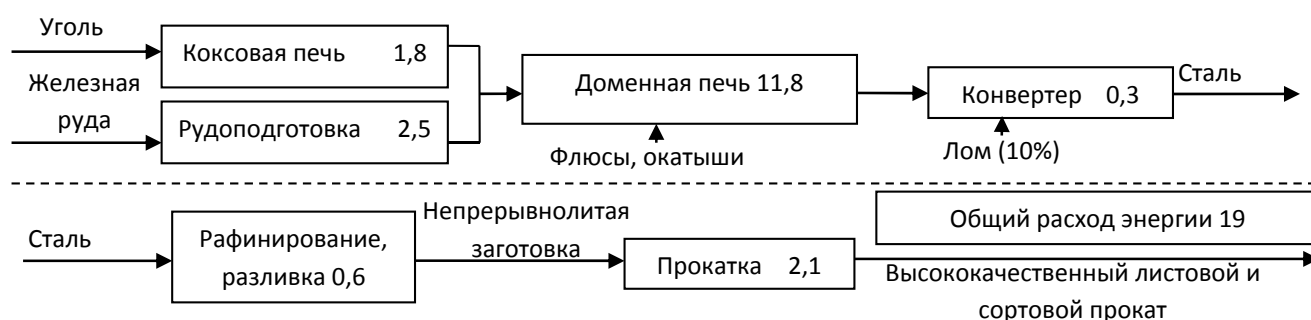


Рис. 1. Схема производства стали и проката и удельные расходы энергии на отдельных стадиях процессов. Цифры – удельный расход энергии, ГДж/т

Не все бедные руды снижают эффективность получения чугуна. В своей работе Меламуд С. Г. [6] доказал, что сидеритовые руды могут заменить дорогую руду в шихте. В доменных печах Новокузнецкого металлургического комбината были проведены промышленные испытания, с целью замены качественных руд на концентрат обожженной сидеритовой руды (КОСР) с 48 % Fe. В результате технико-экономические показатели работы печи достигли положительных показателей: снизился расход кокса на 44,2 кг/т чугуна и расход железорудных материалов на 24,5 кг/т чугуна, повысилась производительность печи на 92 т/сут.

Сидеритовые руды Бакала крайне ограниченно используются в доменном процессе из-за относительно низкого содержания железа ($Fe_{общ}$ в среднем 27 - 30 %), и высокого содержания в них оксида магния (MgO от 12 % и выше), который во время плавки образует высоковязкие тугоплавкие шлаки, что затрудняет доменный процесс.

В настоящее время в условиях Бакальского рудоправления (БРУ) сидеритовые руды перерабатываются по обжиг-магнитной схеме обогащения, которая сводится к проведению магнетизирующего обжига сырой руды фракцией 10-60 мм в шахтных печах при 1000-1100 °С в окислительной атмосфере.

На основе работы [7] условия термообработки сырой сидеритовой руды изменились, то есть температурный интервал обжига снизился до 550 – 650 °С. Анализ расчетных данных исследования теплотворной способности конвертерного газа и условий термообработки сырой сидеритовой руды позволил предположить, что процесс обжига совместить. Из рис. 2 видно, что теплота конвертерного газа в режиме работы котла ОКГ «без дожигания» перекрывает затраты теплоты на обжиг сидеритовой руды.

Анализируя режим работы котла «без дожигания», где коэффициент расхода воздуха $a=0,11$, выявили расчетные значения затрат теплоты на выработку пара в котлах ОКГ (2,361 МДж/кг) и на дальнейший перспективный обжиг сидеритовой руды (0,61 МДж/кг). Обжиг предполагается проводить в режиме противотока, для повышения интенсификации процесса. Мощность агрегата обжига сидеритовой руды составит 42,4 МВт.

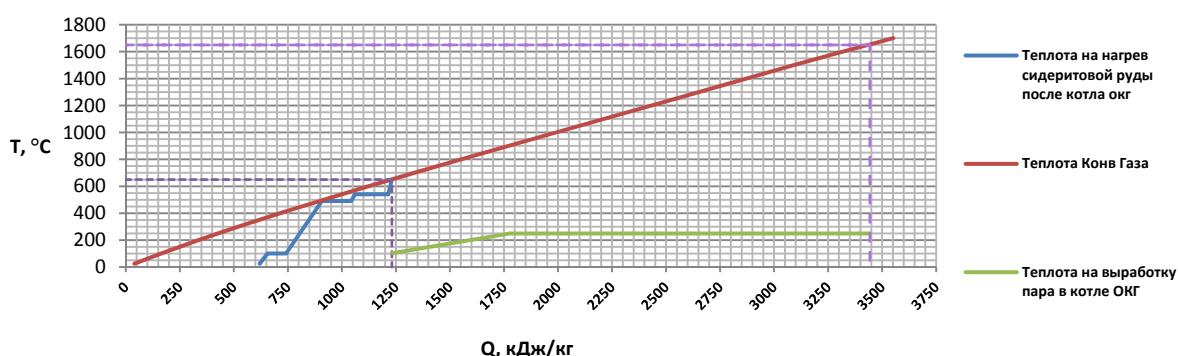


Рис. 2. График затрат теплоты на обжиг сидеритовой руды конвертерным газом

Продувка чугуна кислородом в конвертере с садкой 380 т проходит за 12 минут. За этот период возможно обжечь в режиме противотока 26,562 т сидеритовой руды, если выход конвертерных газов в среднем за продувку составляет 250000 м³/ч. Использование теплоты конвертерного газа в режиме работы котла «без дожигания» с коэффициентом расхода воздуха $a=0,11$ позволяет сэкономить до 1,57 тыс. т условного топлива на 1 млн. т выплавленной стали.

Вывод: Сокращение энергоемкости доменного производства чугуна возможно достичь значительным уменьшением энергоресурсов, в частности расхода кокса, добавляя в аглошихту вместо качественных руд концентрат обожженных сидеритовых руд (КОСР) с 48 % Fe. При этом КОСР возможно получить дешевым способом обжига и затратить на него теплоту конвертерного газа. Анализируя процесс обжига, было установлено, что физической теплотой конвертерного газа за 12 минут продувки чугуна кислородом возможно обжечь 26,562 т сырой сидеритовой руды. Утилизация теплоты конвертерного газа в режиме работы котла «без дожигания» с коэффициентом позволяет сэкономить до 1,53 кг у. т. на 1 т стали.

Список использованных источников

1. Курунов И. Ф. Доменное производство в Китае, Японии, Северной Америке, Западной Европе и России // *Металлург*. 2010. № 2. С.69-77.
2. Лякишев Н. П. Энергетические и экологические проблемы производства современных конструкционных материалов // *Бюлл. Черная металлургия*. 2004. № 3. С.17-22.
3. Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М., Розин С. Е., Дружинина О. Г. Алгоритмы и сравнительная энергоёмкость процессов выплавки стали // *Сталь*. 2000. № 9. С. 19-23.
4. Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М., Ладыгичев М. Г. Плавильные агрегаты: теплотехника, управление и экология: справочное издание: В 4-х кн. Кн. 2 / под ред. В. Г. Лисиенко. М. : Теплотехник, 2005. 912 с.
5. Вегман Е. Ф., Жеребин Б. Н., Похвиснев А. Н. [и др.]. Металлургия чугуна. М. : Металлургия. 1989. 512 с.
6. Меламуд С. Г., Юрьев Б. П., Дадчук И. А. Использование сидеритовых руд при производстве агломерата и выплавке чугуна // *Сталь*. 2015. № 1. С. 5-8.
7. Активация обожжённых в «мягких» условиях высокомагнезиальных сидеритов. Хромотографические и рентгеноструктурные исследования / С. П. Ключковский, А. Н. Смирнов, Р. Н. Абдрахманов, И. А. Савченко // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 72-й научно-технической конференции* / под ред. В. М. Колокольцева. Магнитогорск : изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. Т. 1. С. 267-270.

УДК 662.7

Сергеева А. А., Запарнюк М. Н., Картавец С. В.
Магнитогорский технический государственный университет
atomic_kitten_zr@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ НОРМИРОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные методы нормирования расходов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Предложен наиболее эффективный метод нормирования ТЭР. Предложен график резерва энергосбережения для производства извести.

Одним из важнейших показателей эффективной работы предприятий черной металлургии является энергосбережение. Для того, чтобы снизить расход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в промышленности, необходимо вводить нормы расходов ТЭР. Основная задача нормирования потребления энергоресурсов заключается в формировании базы данных для анализа и контроля производственных процессов в части экономически обоснованного и наиболее эффективного использования ТЭР.

Проведенный анализ требований указа № 889, Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической